

## RECOMENDACIÓN UIT-R SM.1751-0\*

**Metodología adicional para evaluar el efecto de la interferencia entre redes de radiocomunicaciones que funcionan en una banda de frecuencias compartida**

(2006)

**Cometido**

Esta Recomendación presenta una metodología adicional para evaluar el efecto de la interferencia que aparece entre redes de radiocomunicaciones que funcionan en una banda de frecuencias compartida.

**Palabras clave**

Banda de frecuencias compartida, pérdida de margen de energía, metodología, evaluación de la interferencia

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que el desarrollo de instalaciones de radiocomunicaciones podría provocar un aumento en la interferencia mutua entre redes de radiocomunicaciones que funcionan en la misma banda de frecuencias;
- b) que una de las tareas más importantes del UIT-R consiste en establecer los valores máximos de los parámetros de emisión aceptables que determinan el valor de la interferencia causada a otras redes de radiocomunicaciones;
- c) que los niveles de emisión mutuamente aceptable normalmente son el resultado de un compromiso;
- d) que el objetivo del UIT-R es proporcionar servicios de radiocomunicaciones con acceso al espectro de forma equitativa;
- e) que para evaluar el efecto de la interferencia, se han utilizado varias metodologías que se basan en determinar la calidad de la señal a la salida del canal de radiocomunicaciones, la indisponibilidad de canal, el aumento del ruido del enlace de recepción, etc., lo cual hace que tales evaluaciones no puedan compararse,

*recomienda*

**1** que al evaluar y comparar el efecto de la interferencia causada a otras redes o sistemas de radiocomunicaciones que funcionan en una banda de frecuencias compartida, las administraciones utilicen la metodología de pérdida de margen de energía (PME) como herramienta adicional que sirva de directriz para determinar y comparar los efectos de la interferencia. La metodología se basa en el valor relativo del aumento del balance de energía que sería necesario para mantener en el enlace interferido la calidad y los objetivos de disponibilidad que existían antes de la aparición de la interferencia (véase el Anexo 1);

**2** que la metodología PME no sustituya ni excluya en modo alguno la utilización de otras metodologías contenidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones y en las actuales

---

\* La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones introdujo algunas modificaciones redaccionales en esta Recomendación en 2019, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

Recomendaciones UIT-R relativas a los métodos de compartición entre sistemas de radiocomunicaciones;

3 que la metodología PME no sea utilizada por la Oficina en ningún examen técnico y reglamentario de ninguna notificación presentada a la misma;

4 que la metodología PME no se utilice para evaluar el efecto de la interferencia sobre los servicios pasivos;

5 que las siguientes Notas se consideren parte de la presente Recomendación.

NOTA 1 – Si los valores de las potencias de la señal deseada y de la interferencia varían en el tiempo, es conveniente determinar el valor de PME que mantendría a largo plazo y a corto plazo los objetivos de calidad de funcionamiento y de disponibilidad, y el máximo valor de PME que debe utilizarse para evaluar el efecto de la interferencia.

NOTA 2 – Si los valores de las potencias de la señal deseada y/o de la interferencia son distintos para varios casos de emplazamiento de redes mutuamente afectadas (por ejemplo, cuando estos valores dependen de la ubicación de las estaciones de las redes sobre la superficie de la Tierra o en el espacio), es necesario determinar y tener en cuenta no sólo los valores máximo y medio de PME sino también el valor de PME que proporciona el objetivo de calidad de funcionamiento necesario para el porcentaje acordado de situaciones.

NOTA 3 – Al considerar el efecto de la interferencia adicional sobre un enlace o sistema de radiocomunicaciones donde ya existe un cierto grado de interferencia interna o externa, la potencia de ruido que existía antes de la aparición de la interferencia considerada debe significar la suma del ruido térmico y la interferencia existente; es decir, debe determinarse el valor de PME causado por el efecto de la interferencia adicional.

NOTA 4 – El valor de PME debe calcularse en cada caso específico de compartición de frecuencias teniendo en cuenta las propiedades (de tipo estadístico y de otro tipo) de las señales deseada e interferente y los correspondientes objetivos de calidad de funcionamiento.

NOTA 5 – El valor de PME debe calcularse para las redes mutuamente interferentes de referencia aprobadas de la estructura acordada y con los parámetros (o conjunto de parámetros) típicos para estas redes.

NOTA 6 – La PME constituye un valor calculado que indica directamente el efecto de la interferencia para comparar estos efectos en distintos casos, pero no está relacionado con la necesidad de aumentar el balance de energía del enlace interferido en todos los casos.

## Anexo 1

### **Disposiciones generales de la metodología para calcular la PME a fin de evaluar el efecto de la interferencia entre redes de radiocomunicaciones que funcionan en una banda de frecuencias compartida**

Para calcular PME para el enlace interferido, es necesario conocer los objetivos de calidad de funcionamiento o disponibilidad  $PO_n$  (si están establecidos mediante la reglamentación adecuada) o fijarlos (si se están considerando estos objetivos) para el valor correspondiente de probabilidad (porcentaje de tiempo),  $F_n$ , con que estos valores objetivos pueden ser rebasados.

Teniendo en cuenta los métodos de transmisión (modulación, codificación, etc.) y de demodulación de la señal, las fórmulas existentes o los datos experimentales hacen posible determinar los valores  $r_n$  de la relación señal/ruido  $r = C/N_\Sigma$  que proporcionan los valores de  $PO_n$  prescritos.

En este caso,  $N_\Sigma$  representa la suma del ruido térmico y las interferencias que afectan al enlace víctima antes de la aparición de la interferencia en estudio,  $N_\Sigma = N + \Sigma I_0$ , convertida al receptor del terminal del último enlace.

### Solución general

Deben determinarse las funciones de distribución acumulativas en el tiempo  $F(C)$ ,  $F(I)$  de la señal  $C(t)$  e interferencia  $I(t)$  (cuyo efecto se está estudiando). Normalmente se ignora la variación de ruido térmico a lo largo del tiempo.

Se sabe que las variaciones en el tiempo de la señal y la interferencia vienen causadas por cambios en las condiciones de propagación de la señal (precipitaciones atmosféricas, propagación multitrayecto), cambios en la distancia desde la señal y transmisores interferentes (movimiento del satélite, movilidad de la estación), etc.

Basándose en las funciones de distribución  $F(C)$ ,  $F(I)$  de la señal  $C(t)$  e interferencia  $I(t)$  es necesario representar tanto la función distribución  $F(r_0)$  de la relación señal/ruido  $r_0 = C(t)/N_\Sigma$  que difiere de  $F(C)$  únicamente en la escala del argumento, como la función de distribución  $F(r_i)$  para la relación entre la señal y la suma del ruido y la interferencia evaluada  $r_i = C(t)/(N_\Sigma + I(t))$ . La función de distribución  $F(r_i)$  se calcula utilizando las ecuaciones conocidas de la teoría de probabilidades para una función de distribución de la relación de dos variables aleatorias con funciones de distribución conocidas.

Obsérvese que hay una correspondencia unívoca entre los objetivos de calidad de funcionamiento  $PO$  y la relación señal/ruido  $r$ . Por lo tanto, la condición para proporcionar el valor necesario de  $PO$  con la probabilidad (porcentaje)  $(1 - F_n)$  coincide exactamente con la condición  $r \geq r_n$  con la misma probabilidad (para el mismo porcentaje de tiempo). Basándose en ello, se puede evaluar la PME con ayuda de las funciones de distribución  $F(r_0)$ ,  $F(r_i)$  sin calcular las funciones de distribución del objetivo de calidad de funcionamiento. Para aclarar este importante tema hay que señalar que cuando un valor objetivo de calidad de funcionamiento determinado puede resultar violado con una probabilidad  $F_n$ , es necesario y suficiente mantener la relación señal/ruido más interferencia en un valor inferior al correspondiente valor  $r_n$  con la misma probabilidad  $F_n$ . (En esta Recomendación las funciones de distribución acumulativa  $F(r_0)$ ,  $F(r_i)$  significan  $F(r \leq r_0)$ ,  $F(r \leq r_i)$ .)

Basándose en lo anterior, el valor de PME para el objetivo de calidad de funcionamiento  $PO_n$  determinado con la probabilidad  $F_n$  de violar este valor es:

$$PME_n = 10 \log[(C_0 + \Delta C)/C_0] = r_0(F_n) - r_i(F_n) \quad \text{dB} \quad (1)$$

donde  $r_0(F_n)$ ,  $r_i(F_n)$  son los valores de la relación señal/ruido y la relación señal/ruido más interferencia con la probabilidad  $F_n$  establecida para el objetivo de calidad de funcionamiento (también expresado en dB) y  $C_0$  es el valor nominal de la potencia de la señal útil. La ecuación (1) se representa gráficamente en la Fig. 1, donde  $r_n$  es el valor umbral de la relación señal/ruido correspondiente al valor necesario del objetivo de calidad de funcionamiento con la probabilidad  $F_n$ ,  $M_0$  es el margen de energía en ausencia de la interferencia evaluada,  $M_i$  es el margen de energía en presencia de interferencia y  $F(r_i^1)$  es la función de  $F(r_i)$  con la potencia de señal aumentada por el valor PME.

Evidentemente, esta ecuación es válida para cualquier valor determinado de la probabilidad  $F$ ; es decir, para objetivos de calidad de funcionamiento tanto a corto plazo como a largo plazo. Si se

fijan varios valores objetivos de calidad de funcionamiento para distintas probabilidades  $F_n$ , el cálculo debe realizarse para cada uno de ellos y se selecciona el mayor valor de PME.

Si el valor de la señal y/o de la interferencia no sólo es variable en el tiempo sino que también depende de otros factores, por ejemplo del emplazamiento de la estación en la zona de servicio, será necesario determinar la distribución de PME para un conjunto de situaciones o limitarse a determinar los valores de  $PME_n$  rebasados en un cierto porcentaje de situaciones y evaluar el daño causado por la interferencia basándose en estos valores. Un método más general consiste en representar las funciones de distribución generalizadas  $F(r_0, L)$ ,  $F(r_i, L)$  teniendo en cuenta las variaciones de la relación señal/ruido más interferencia con el tiempo y dependiendo de las situaciones ( $L$ ). En ese caso el cálculo utilizando la ecuación (1) varía el valor de PME para una probabilidad determinada teniendo en cuenta ambos factores: tiempo y emplazamiento de la estación.

### Análisis de situaciones sencillas

1 Consideremos el caso más sencillo en el que la señal  $C$  y la interferencia  $I$  no presentan variaciones en el tiempo; es decir  $C = constante$ ,  $I = constante$ ,  $N = constante$ , como se acepta normalmente para calcular la interferencia mutua entre redes de satélites geostacionarios.

En este caso,  $F(r_0)$  y  $F(r_i)$  son funciones  $\delta$  situadas en  $r_0 = C/N_\Sigma$  y a  $r_i = C/(N_\Sigma + I)$  y para cualquier probabilidad  $F$ :

$$PME = 10 \log \left[ \frac{C/N_\Sigma}{C/(N_\Sigma + I)} \right] = 10 \log (1 + I/N_\Sigma) \quad (2)$$

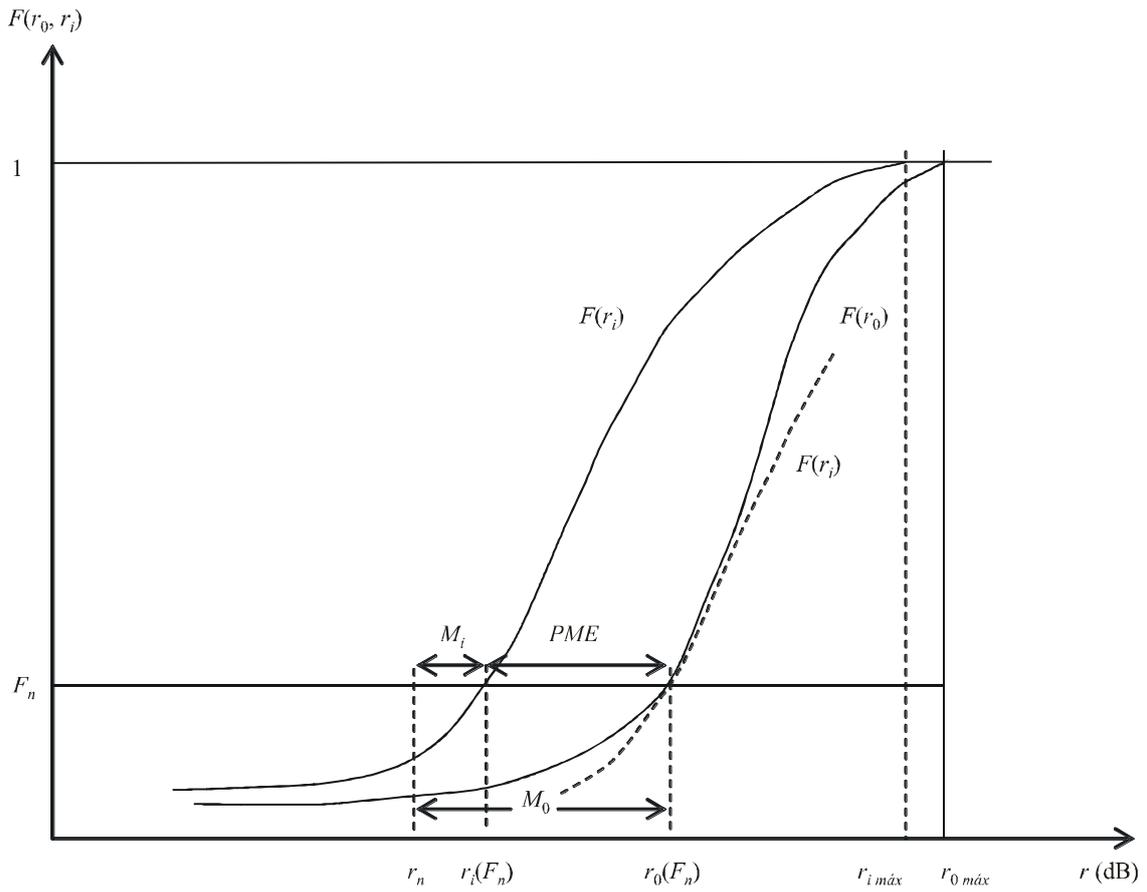
2 Otro caso sencillo es el de una interferencia constante ( $I = constante$ ) con una señal variable en el tiempo ( $C(t) = variable$ ), por ejemplo el caso de la interferencia causada a un enlace de microondas terrenal por un satélite geostacionario.

En este caso,  $F(r_i)$  tiene la misma forma que  $F(r_0)$  variando únicamente en el cambio del argumento el valor de  $(N_\Sigma + I)/N_\Sigma$  (es decir, con una desviación hacia la izquierda de este valor mostrada en la Fig. 1). Ello significa que PME tiene el mismo valor para cualquier probabilidad  $F$ ; es decir, es el mismo para el cálculo del criterio a largo plazo y a corto plazo y puede evaluarse mediante la sencilla ecuación (2).

3 En el caso de una señal constante ( $C = constante$ ) e interferencia variable ( $I(t) = variable$ ) (por ejemplo, una interferencia en una estación terrenal de un satélite geostacionario causada por un enlace de microondas)  $F(r_0)$  es una función  $\delta$  situada en  $r_0$ , y  $F(r_i)$  se determina únicamente por la distribución de interferencia. En este caso, debe utilizarse la ecuación general (1).

NOTA 1 – Como es habitual, la diferencia entre los espectros de la señal y la interferencia debe considerarse teniendo en cuenta una parte de la potencia de interferencia que se produce en la anchura de banda del receptor. Si es necesario, el ruido de distribución gaussiana y la interferencia que es una portadora modulada pueden sumarse tomando en cuenta la diferencia en sus características estadísticas y, por consiguiente, la diferencia afecta al resultado de la demodulación (por ejemplo, a la probabilidad de error); esta diferencia normalmente se ignora en los cálculos relativos a la compatibilidad electromagnética.

FIGURA 1



1751-01